



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 43 27 507.9-21
22 Anmeldetag: 18. 8. 93
43 Offenlegungstag: 2. 3. 95
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 7. 98

DE 43 27 507 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Steyr-Daimler-Puch AG, Wien, AT

74 Vertreter:

Dr. A. v. Fünser, Dipl.-Ing. D. Ebbinghaus, Dr. Ing. D.
Finck, Dipl.-Ing. C. Hano, Patentanwälte, 81541
München

72 Erfinder:

Frühwirth, Gerhard Josef, Dipl.-Ing., Schönau, AT;
Deinhofer, Johann, Seitenstetten, AT; Stelzeneder,
Franz, Dipl.-Ing., Steyr, AT; Pichlbauer, Günter,
Steyr, AT; Reif, Johann P., Dipl.-Ing. Dr., St.
Wolfgang, AT; Hager, Johann, Bad Hall, AT

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 35 05 455 C3
EP 05 10 457 A1

A. Zomotor u. a.: Ein elektronisch geregeltes 4- Rad-
Antriebssystem zur Steigerung der aktiven
Sicherheit, in: Automobil-Industrie, 1987, Nr. 1,
S. 27-32;

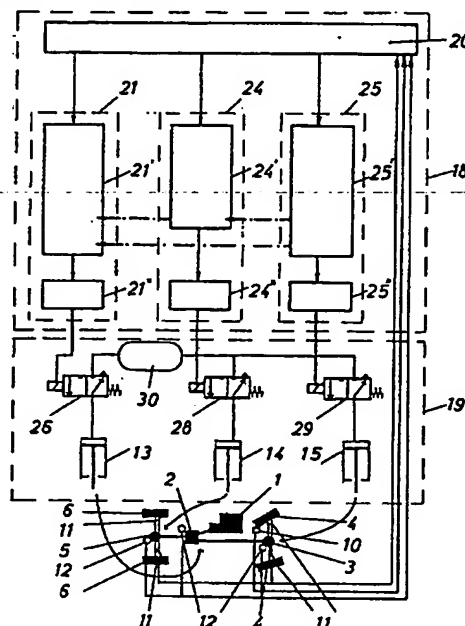
64 Vorrichtung zur Steuerung der Kupplungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges

67 Vorrichtung zur selbsttätigen Steuerung der Kupplungen
(2, 3, 5) zur Betätigung wenigstens einer Achsversperre
sowie einer Längssperre oder der Zuschaltung des Vorder-
radantriebs im Antriebsstrang eines allradgetriebenen Ge-
ländefahrzeuges, wobei ausgehend von Raddrehzahl-
signalen Schlupfsignale gebildet, mit Schwellenwerten verglichen
und so Steuersignale für die Kupplungen (2, 3, 5) erzeugt
werden, dadurch gekennzeichnet, daß

a) für jede einzelne Kupplung (2, 3, 5, 8) jeweils ein eigenes
Steuermodul (21, 23, 24, 25) vorgesehen ist, das Steuersigna-
le für die eigene Kupplung (2, 3, 5, 8) erzeugt,

b) die Steuermoduln (23, 24, 25) der Kupplung (3, 5; 8) der
wenigstens einen Achsversperre auch Steuersignale für die
Kupplung (2) für die Betätigung der Längssperre oder für die
Zuschaltung des Vorderradantriebs abgibt, bevor sie die
eigene Kupplung (3, 5; 3, 5, 8) ansteuert,

c) die Schlupfsignale Schlupfsommensignale ($\phi_{\text{hi_nach}}$,
 $\phi_{\text{hi_vor}}$) sind, die getrennt durch Integration der der wenig-
stens einen Achsversperre, der Längssperre oder der Zuschal-
tung des Vorderradantriebs zugeordneten Raddrehzahl-
differenzen (Δn_{SL}) gebildet und mit gestuften Schlupfsommens-
schwellenwerten ($\text{SSS} \cdot \text{by_}$) verglichen werden, durch die
die Reihenfolge und die Reaktionszeit der Sperrung der
Sperrn oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs ge-
steuert wird.



DE 43 27 507 C 2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur selbständigen Steuerung der Kupplungen im Antriebsstrang eines allradgetriebenen Geländefahrzeuges nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Unter allradgetriebenen Geländefahrzeugen werden Fahrzeuge mit zwei oder drei antreibbaren Achsen verstanden, deren Anforderungsprofil vorwiegend auf die Fahrt im Gelände ausgerichtet ist. Bei diesen kann eine der Achsen (meist die Vorderachse) entweder zuschaltbar oder permanent angetrieben sein. Je nachdem dient die entsprechende Kupplung entweder zur Zuschaltung des Vorderradantriebes oder zur Sperre des Zentraldifferentiales. Weiters ist bei diesen Fahrzeugen zur Erzielung voller Geländegängigkeit je eine Kupplung zum Sperren der Achsdifferentialie vorgesehen. Die Kupplungen können prinzipiell sowohl Lamellenkupplungen als auch formschlüssige Kupplungen sein, doch wird bei schweren Fahrzeugen wegen der hohen zu übertragenen Drehmomente und des beschränkten Einbauraumes letzteren der Vorzug gegeben.

Das Lenken eines Allradfahrzeuges im Gelände ist eine Kunst, die nicht zuletzt darin besteht, je nach Fahrzustand und Geländebeschaffenheit den richtigen Eingriff in das Antriebssystem (Zuschalten des Vorderachsantriebes, Betätigung von Längssperre und Quersperren) vorzunehmen. Deshalb werden in bekannten geländegängigen Fahrzeugen die verschiedenen Eingriffe vom Fahrer vorgenommen, wozu einzelne Schalter oder zumindest ein Schalter mit mehreren Schaltstellungen vorgesehen sind. Dann ist zwar eine starre Aufeinanderfolge der Eingriffe vorgegeben, doch bei der Beurteilung des Fahrzustandes und bei der Wahl des Antriebsmodus hilft das dem Fahrer nicht.

Zwar sind Selbstsperrdifferentialie bekannt, die abhängig von der anstehenden Drehzahldifferenz sperren. Sind jedoch mehrere Differentialie in Serie angeordnet (in Kraftflußrichtung zuerst ein Längsdifferential, nachgeordnet die Achsdifferentialie), tritt ein Problem auf, das am besten durch ein Beispiel beschrieben ist:

Rutscht bei einem Fahrzeug mit einer solchen Differentialanordnung das rechte Hinterrad, so verändern sich durch die Wirkung der ungesperrten Differentialie alle Drehzahlen im Antriebsstrang. Die Differenz zwischen den Drehzahlen der beiden Hinterräder ist am größten, die Differenz zwischen den mittleren Drehzahlen (Mittelwertbildung durch die Achsdifferentialie) der Vorderräder und der Hinterräder ist geringer. Das würde zur Sperre des Hinterachsdifferentialies führen mit dem Effekt, daß nur ein treibendes Rad zur Verfügung steht (das rechte rutscht ja), das auch leicht die Bodenhaftung verliert. Erst wenn dieses dann auch rutscht, wird die Längssperre ausgelöst, und es treiben drei Räder, sofern das Fahrzeug bis dahin nicht schon steckengeblieben ist. Außerdem besteht bei Rutschen der Räder einer Achse die Gefahr, daß diese seitlich wegschieben.

Richtig wäre es in diesem Fall gewesen, zuerst das Längsdifferential zu sperren. Wenn man aber die Schaltschwelle des Längsdifferentialies entsprechend tiefer als die des Querdifferentialies legt, wird dieses zwar zuerst gesperrt, dadurch wird die Drehzahldifferenz an den Hinterrädern zwar geringer, aber die Schaltschwelle für die Sperre des hinteren Querdifferentialies wird nicht mehr erreicht.

Wenn das Fahrzeug statt einer Längssperre mit zuschaltbarem Vorderradantrieb ausgestattet ist, tritt der beschriebene Effekt noch stärker auf. Man kann sagen: Die einzelnen Drehzahldifferenzen hängen vom Schaltzustand der Kupplungen ab. Durch diese Rückwirkung kann bei einzelner automatischer Schaltung erratisches Hin- und Herschalten auftreten.

Außerdem werden Selbstsperrdifferentialie in der Regel durch Lamellenkupplungen (und meist nur teilweise) gesperrt, die, abgesehen von ihren bekannten Nachteilen, unter solchen Bedingungen viel stärker verschleifen.

Wenn man bei einer automatischen Steuerung hingegen von den Drehzahlen aller Räder ausgeht und diese zentral verarbeitet, braucht man sehr komplizierte und weitverzweigte logische Kriterien, die doch nicht alle möglichen Situationen erfassen können. Da die Drehzahlen der Räder ja auch hier wieder vom Schaltzustand der einzelnen Kupplungen abhängen, besteht trotzdem die Gefahr unerwünschter Schaltungen, vor allem unerwünschter und sicherheitsgefährdender Rückschaltungen in den geöffneten Zustand.

Aus der gattungsgemäßen DE 35 05 455 C3 und der Zeitschrift AUTOMOBIL-INDUSTRIE 1/87 (Seiten 27 bis 32) ist ein System (es handelt sich um die 4-MATIC von MERCEDES-BENZ) bekannt, das die Zuschaltung des Vorderachsantriebes, eine Zentralsperre und eine Hinterachssperre automatisch betätigt, doch ist dessen Anforderungsprofil sehr stark auf die Erfordernisse eines schnellen Straßenfahrzeuges und auf Sicherheit ausgerichtet, es unterscheidet sich grundlegend von dem der Fahrt im Gelände. Bei diesem System ist für die Hinterachse ein Selbstsperrdifferential vorgesehen, und die Steuerung der Vorderachszuschaltung und des Längsdifferentialies geht nur von den Achsdrehzahlen aus. Außerdem ist dieses System aus den erwähnten Sicherheitsgründen von dem weichen Greifen von Lamellenkupplungen abhängig.

Ein Steuersystem für die Steuerung einzelner Kupplungen ist zum Beispiel in der EP 510 457 A1 der Anmelderin beschrieben. Dort werden zur Steuerung einer formschlüssigen Kupplung, wobei alle oben aufgezählten Anwendungen in Frage kommen, Drehzahldifferenzen mit Schwellenwerten verglichen. Die dort beschriebenen besonderen Systeme arbeiten mit einfachwirkenden Betätigungselementen, die keinen Ausrückbefehl benötigen. Die vorliegende Erfindung hat die Zusammenfassung derartiger Einzelsysteme zum Gegenstand und ist auf die dort beschriebenen Systeme anwendbar, jedoch keinesfalls auf diese beschränkt. Sie ist auch für beliebige und beliebig gesteuerte formschlüssige Kupplungen und sogar für Lamellenkupplungen geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zu schaffen, durch das die richtige Betätigung der Kupplungen in allen Fahrsituationen gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird ausgehend von dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch gelöst, daß

- a) für jede einzelne Kupplung jeweils ein eigenes Steuermodul vorgesehen ist, das Steuersignal für die eigene Kupplung erzeugt,
- b) das Steuermodul der Kupplung der wenigstens einen Achsquersperre auch Steuersignale für die Kupplung für die Betätigung der Längssperre oder für die Zuschaltung des Vorderradantriebes abgibt, bevor sie

die eigene Kupplung ansteuert,

c) die Schlupfsignale Schlupfsummensignale sind, die getrennt durch Integration der der wenigstens einen Achssperre, der Längssperre oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs zugeordneten Raddrehzahldifferenzen gebildet und mit gestuften Schlupfsummenschwelldwerten verglichen werden, durch die die Reihenfolge und die Reaktionszeit der Sperrung der Sperren oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs gesteuert wird. 5

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Systems werden in jedem Fahrzustand die Kupplungen des Antriebsstranges in der für den Fahrzustand richtigen hierarchischen Reihenfolge betätigt, die für sichere Fahreigenschaften und beste Traktion erforderlich ist. Dabei wird immer zuerst die Kupplung für die Betätigung der Längssperre oder für die Zuschaltung des Vorderradantriebs betätigt, bevor Kupplungen der Achsversperre betätigt werden. 10

Wenn ein Fahrzeug mit permanentem Hinterachsantrieb und zuschaltbarem Vorderachsantrieb ausgestattet ist, ist die Kupplung für die Zuschaltung des Vorderachsangebotes vorzugsweise durch ihren eigenen Modul und durch einen Hinterachsversperrenmodul schließbar, und der Hinterachsversperrenmodul hält die Kupplung für die Zuschaltung des Vorderradantriebes für eine bestimmte Zeit eingerückt. 15

Die Kupplung für die Zuschaltung des Vorderachsangebotes kann außerdem durch einen Vorderachsversperrenmodul schließbar sein.

Die Kupplung der Vorderachsversperre kann zweckmäßigerweise nur durch ihren eigenen Modul geschlossen werden, um sicherzustellen, daß die Vorderachsversperre aus Gründen der Lenkbarkeit des Fahrzeugs zuletzt geschlossen wird. 20

Bei einem Fahrzeug mit permanentem Antrieb von Hinterachse und Vorderachse und zuschaltbarer Längssperre ist die Kupplung für die Längssperre durch ihren eigenen Modul, durch einen Hinterachsversperrenmodul und durch einen Vorderachsversperrenmodul schließbar, und der Hinterachsversperrenmodul und der Vorderachsversperrenmodul halten die Kupplung für die Längssperre für eine bestimmte Zeit eingerückt. Diese Haltefunktion verringert sowohl bei Systemen mit — nach welchen Kriterien auch immer — gesteuerter Rückschaltung durch Drehmomentabfall (EP 510 457 A1) die Schalthäufigkeit im Gelände und stellt darüber hinaus einen wertvollen Sicherheitsgewinn dar. 25

Die Kupplung der Hinterachsversperre ist vorteilhafterweise durch ihren eigenen Modul und durch den Modul der Vorderachsversperre schließbar, und der Modul der Vorderachsversperre hält die Kupplung der Hinterachsversperre für eine bestimmte Zeit eingerückt. Demzufolge führt das Rutschen eines Vorderrades nicht gleich zur Sperre der Vorderachsversperre, was die Lenkbarkeit des Fahrzeugs beeinträchtigen würde, sondern es wird zuerst die Hinterachsversperre aktiviert, was auch einen höheren Traktionsgewinn bringt. 30

Bei Anwendung der Erfindung auf ein Fahrzeug mit zwei angetriebenen Hinterachsen und einer Zwischenachsversperre, ist es vorteilhaft, wenn die Kupplung der Zwischenachsversperre durch ihren eigenen Modul, durch den Modul der Längssperre oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs und durch die Module für die Quersperren der Vorderachse und der beiden Hinterachsen schließbar ist und daß der Modul des Längsdifferentiales, der Modul der Quersperren und der Modul der Vorderachsversperren die Kupplung für die Sperre des Zwischenachsdifferentiales für eine bestimmte Zeit eingerückt halten. Damit ist der Tatsache Rechnung getragen, daß die Zwischenachsversperre hierarchisch über den Hinterachsversperren und der Zentralsperre liegt. Im Fahrversuch hat sich weiter gezeigt, daß eine gestaffelte Betätigung der beiden Hinterachsversperren in der Regel keine Vorteile mehr bringt, daher ist es eine willkommene Vereinfachung, beide Hinterachsversperren einem gemeinsamen Modul zuzuordnen. 35 40

Geländefahrzeuge werden auch auf festen Straßen bewegt. Deshalb ist es aus Sicherheitsgründen vorteilhaft, ab einer bestimmten Geschwindigkeit die Betätigung der Quersperren zu unterbinden, im Rahmen der Erfindung können ihre Module aber eine vorrangig zu betätigende Sperre auslösen. Die mögliche Auslösung einer Längssperre durch Querschlupf bringt einen erheblichen und auf keine andere Weise zu erreichenden Sicherheitsgewinn. 45

Der Modul der Vorderachsversperre kann unter Durchbrechung der Hierarchie sowohl die Hinterachsversperre als auch die Zentralsperre ansteuern, indem in ihm diese Schaltschwellen tiefer als die für die eigene Sperre gelegt sind. Wenn in weiterer Ausgestaltung der Erfindung diese Schwellenwerte so gelegt sind, daß nicht zwei Kupplungen gleichzeitig geschaltet werden können, wird der Einschaltstoß verringert, und es besteht bei elektrischer oder pneumatischer Betätigung nicht die Gefahr, daß sich durch die gleichzeitige Leistungsaufnahme von zwei Aktuatoren die Einrückgeschwindigkeit unzulässig vermindert. 50

Das kann dadurch unter allen Umständen sichergestellt werden, daß die Schaltaktuatoren dieser Kupplungen zur redundanten Absicherung in Serie verknüpft sind. Das bedeutet, daß der zweite Aktuator erst betätigt werden kann, wenn der erste bereits geschaltet hat. Die zum Halten benötigte Kraft ist dann bereits wesentlich geringer. Außerdem wird dadurch verhindert, daß bei einer Störung im Steuergerät oder in der Verkabelung zur Ansteuerung eines Magnetventils eine nachrangig zu betätigende Sperre aktiviert wird, ohne daß zuvor die vorrangig zu betätigenden aktiviert wurden. 55 60

Im Gegensatz zu geländegängigen Personenkraftwagen kann es bei schweren Lastfahrzeugen vorteilhaft sein, beim Bremsen die Achsen zu verbinden. Dazu ist vorgesehen, daß die Kupplung für die Längssperre oder die Zuschaltung des Vorderachsangebotes und die Kupplung der Zwischenachsversperre beim Bremsen geschlossen wird. Dadurch werden bei solchen Fahrzeugen, vor allem bei Fahrzeugen ohne ABS, unterschiedliche Bremskräfte zwischen Vorderachse und Hinterachse ausgeglichen und die Blockierneigung einzelner Achsen durch statische oder dynamische Achslastverlagerung verhindert. Insgesamt wird so ein Gewinn an Fahrstabilität erreicht, solange nur keine Quersperren ausgelöst werden. 65

Das Steuersystem braucht auch den Schaltzustand einzelner Kupplungen angegebende Rückmeldesignale.

Diese werden üblicherweise von Sensoren an den Aktuatoren abgenommen. Defekte solcher Aktuatoren können empfindliche Betriebsstörungen hervorrufen und müssen daher erkannt werden. In Weiterbildung der Erfindung ist daher vorgesehen, daß aus den Raddrehzahlsignalen den Schaltzustand einzelner Kupplungen angegebende Rückmeldesignale gebildet werden und diese in der Steuereinheit entweder direkt oder zur Kontrolle anderer Rückmeldesignale benutzt werden.

Eine weitere Sicherheitsfunktion, die die Weiterfahrt bei Defekten gestattet, besteht darin, bei Ausfall eines Drehzahlgebers oder eines Lenkwinkelgebers die Kupplung für die Längssperre oder Zuschaltung des Vorderachsantriebes und der Zwischenachssperre zu schließen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß dieser Zustand für die Fahrzeugstabilität und Traktion günstiger ist. Außerdem kann der Ausfall das Fahrzeug im Gelände ereilen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform werden einzelne Raddrehzahldifferenzen mit Schwellenwerten verglichen, unterhalb derer diese bei der Berechnung der Schlupfsummen nicht berücksichtigt, sondern zur Eichung verwendet werden. Damit ist einmal sichergestellt, daß nicht geringfügige Durchmesserunterschiede der Reifen irgendwann und unerwartet zur Betätigung einer Sperre führen. Gleichzeitig ist damit ein Kriterium für einen regulären Zustand geschaffen, in dem eine Eichung stattfinden kann.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden formschlüssige Kupplungen verwendet, die von einfachwirkenden Schalt-Aktuatoren eingerückt werden und bei Abfall des übertragenen Drehmomentes unter einen bestimmten Wert durch Federkraft ausgerückt werden. Formschlüssige Kupplungen bringen gegenüber Lamellenkupplungen eine erhebliche Ersparnis an Einbauraum und zeichnen sich durch kurze Schaltwege aus, die sehr schnell überwunden werden können. Die Aktuatoren können so sehr einfach und ohne irgendwelche Verzögerungsglieder ausgeführt werden. Die Steuerung nach Schlupfsummen, die bei Lamellenkupplungen eine Verschleißminderung bringt, kommt formschlüssigen Kupplungen besonders entgegen, weil dadurch unabhängig vom Gradienten der Drehzahldifferenz einkuppeln bei der optimalen Differenzdrehzahl unter allen Umständen gewährleistet ist. Die durch den Wegfall einer Ausrücksteuerung mit ihren bekannten Problemen erzielte Vereinfachung der Steuerung multipliziert sich nicht nur mit der Anzahl der Moduln, sondern sie vereinfacht das gesamte System in einem weit darüber hinausgehenden Ausmaß.

In Verfeinerung der Erfindung kann bei formschlüssigen Kupplungen mit Auslösung durch Abfall des Drehmomentes noch vorgesehen sein, daß geschlossene Kupplungen während eines Schaltvorgangs im Hauptgetriebe im geschlossenen Zustand gehalten werden. Die bereits vorgesehene Haltefunktion kann so zusätzlich noch dazu verwendet werden, ein ungewolltes Lösen einzelner Kupplungen beim Schalten im Hauptgetriebe zu unterbinden. Zweckmäßig ist dazu ein Kontakt am Kupplungspedal anzubringen, der sobald und solange dieses niedergedrückt wird bei eingerückten formschlüssigen Kupplungen die Haltefunktion auslöst.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Abbildungen näher beschrieben und erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 ein Funktionsschema für 4×4 Fahrzeuge,

Fig. 2 ein Funktionsschema für 6×6 Fahrzeuge,

Fig. 3 ein Zeitschaubild der Zuschaltbedingungen für 4×4 Fahrzeuge,

Fig. 4 ein Zeitschaubild der Zuschaltbedingungen für 6×6 Fahrzeuge,

Fig. 5 ein Ablaufschaubild zur Steuereinheit der Hinterachs-Quersperre,

Fig. 6 ein Übersichtsschaubild, das den Ablauf in der gesamten Steuereinheit veranschaulicht.

Fig. 1 versinnbildlicht ein Fahrzeug mit zwei angetriebenen Achsen (4×4 -Fahrzeug) durch seinen Antriebsstrang, der, vom Motor-Getriebeblock 1 ausgehend, aus einem Verteilergetriebe mit schaltbarer Kupplung 2, einem Vorderachsdifferential mit Sperrkupplung 3 und einem Hinterachsdifferential mit Sperrkupplung 5 besteht. Die Vorderräder sind mit 4, die Hinterräder mit 6 bezeichnet. Die schaltbare Kupplung 2 des Verteilergetriebes dient entweder dem Zuschalten des Vorderachsantriebes oder dem Sperren seines Längsdifferentiales (was im folgenden, sofern nicht eigens erwähnt nicht unterschieden wird, da die Wirkung durchaus ähnlich ist).

Weiters gehören zum Antriebsstrang Sensoren 10, 11, 12 und Aktuatoren 13, 14, 15. Der Sensor 10 ist ein Lenkwinkelsensor. Die Sensoren 11 sind hier nahe den Rädern 4, 6 angeordnete Drehzahlsensoren, doch können sie aufgrund der bekannten Übersetzungsverhältnisse auch am Eingang oder Ausgang der einzelnen Getriebe oder sonstwo angeordnet sein. Die Sensoren 12 sind Statussensoren für die Schaltstellungen einzelner Organe, wie Aktuator, Kupplung, Bremspedal etc. Für die Schaltstellung der Aktuatoren sind sie nicht erforderlich, da deren Status auch anders ermittelt werden kann. Die Aktuatoren 13, 14, 15 sind an den zu betätigenden Kupplungen 2, 3, 5 angebracht. Bei pneumatischer Betätigung sind es Druckzylinder, die stark vergrößert eingezeichnet sind, die Pfeile zeigen ihren wahren Platz an: Aktuator 13 am Verteilergetriebe, 14 am Hinterachsdifferential und 15 am Vorderachsdifferential.

Das Steuersystem besteht aus einem Steuergerät 18 und aus der Betätigungssteuerung 19. Im Steuergerät 18 kann man, obwohl nicht unbedingt topografisch, zwischen einem Datenerfassungsteil 20 und Moduln 21, 24, 25 unterscheiden, welche letztere wieder jeweils aus einem Berechnungsteil 21', 24', 25' und aus einem Absicherungsteil 21'', 24'', 25'' bestehen. Die schlupfabhängigen Entscheidungen werden in den Berechnungsteilen 21', 24', 25' vorbereitet und getroffen, die Sicherheitskontrollen (z. B. keine Einrückung der Quersperren ab einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit, etc.) in den Absicherungsteilen 21'', 24'', 25''. Die Moduln 21, 24, 25 stellen die elektrischen Steuersignale für die Magnetventile 26, 28, 29 bereit, die im einfachsten Fall Zweistellungsventile sein können und den Zustrom der Druckluft von einem Reservoir 30 zu den Aktuatoren 13, 14, 15 steuern.

Fig. 2 zeigt eine Abwandlung für Fahrzeuge mit drei angetriebenen Achsen, wobei gleiche Teile die gleichen Bezugszeichen tragen. Die hinzugekommenen Teile sind ein Zwischenachsdifferential mit Sperrkupplung 7, ein zweites Hinterachsdifferential mit Sperrkupplung 8 sowie deren Aktuatoren 16, 17 und zweite Hinterräder 9. Das Steuergerät 18 enthält zwei weitere Moduln, den Zwischenachssperrenmodul 22 und den zweiten Hinterachsquersperrenmodul 23. Weiter ist noch ein Steuerventil 27 für den Aktuator 16 der Zwischenachssperre hinzugekommen. Die Steuerung für die Aktuatoren 14 und 17 wird von einem gemeinsamen Magnetventil 28 besorgt. Durch Weglassen der Teile 3, 15, 29, 25 würde daraus ein 6×4 Fahrzeug entstehen, auf das die Erfindung

auch anwendbar ist.

Zwischen Fig. 1 und Fig. 2 besteht noch ein weiterer Unterschied: In ersterer werden die Aktuatoren 13, 14, 15 über parallele Luftleitungen vom Reservoir 30 aus versorgt. Das könnte bei geringem Volumen des Reservoirs und gleichzeitiger Betätigung mehrerer Aktuatoren zu einer Schaltverzögerung führen. Deshalb ist die Anordnung in Fig. 2 so getroffen, daß die Druckluftzufuhrleitung 31 für das Magnetventil 26 der Längssperre erst stromabwärts des Magnetventils 27 für die Zwischenachssperre abzweigt, daß die Druckluftzufuhrleitung 32 für das Magnetventil 28 der Hinterachssperre erst stromabwärts des Magnetventils 26 der Längssperre abzweigt und auch die Leitung 33 zum Magnetventil 29 der Vorderachssperre erst stromabwärts des Magnetventils 28 für die Hinterachssperre abzweigt.

Bei Verwendung elektromagnetischer Aktuatoren kann diese Anordnung mittels einer entsprechenden elektrischen Schaltung nachgebildet werden. Damit ist nicht nur die gleichzeitige Betätigung zweier Kupplungen ausgeschlossen, sondern auch eine redundante Absicherung der Hierarchie der Sperren geschaffen.

Diese Hierarchie der Sperren ist aus dem Kraftfluß und aus der fahrdynamischen Wirkung der einzelnen Sperren abzuleiten, und bedeutet, wie bei jeglicher Hierarchie, daß einzelne Sperren mehr Einfluß als andere haben. Gemeint ist sowohl direkter Einfluß auf die Fahrdynamik als auch indirekter Einfluß auf die anderen Sperren. Wenn der Hierarchie nicht Rechnung getragen wird, entsteht ein erratisches Hin- und Herschalten der einzelnen Sperren. Wenn die Hierarchie zu starr ist, kommen die Sperren nicht voll zur Geltung. Bei Lastwagen ist die Hierarchie, von oben beginnend, Zwischenachssperre (wenn 6×6), Längssperre bzw. Zuschaltung des Vorderachsantriebes, Hinterachssperre und zuletzt Vorderachssperre, unter anderem, um die Lenkbarkeit des Fahrzeuges so wenig wie möglich zu beeinträchtigen.

Fig. 3 zeigt im Prinzip den zeitlichen Ablauf der Betätigung der Kupplungen 2, 3, 5 (Fig. 1) durch die entsprechenden Moduln in Abhängigkeit des Schlupfes; von links nach rechts zuerst den Modul 21 der Längssperre, den Modul 24 der HA-Quersperre und den Modul 25 der VA-Quersperre. Weitere Schaltkriterien sind zunächst weggelassen. In Modul 21 wird aus den Drehzahlensignalen der Sensoren 11 (Fig. 1) ein Schlupf, genauer: aus der Differenz der Mittelwerte der Drehzahlen der Vorderräder 4 und der Hinterräder 6 unter Berücksichtigung des Lenkwinkels eine Drehzahldifferenz, berechnet. Aus dieser Drehzahldifferenz wird durch Integration bzw. Aufsummieren eine Schlupfsumme gebildet. Im obersten Diagramm auf der linken Seite ist daher die Schlupfsumme auf der Ordinate (sie hat die physikalische Dimension eines Winkels) und die Zeit auf der Abszisse aufgetragen. Konstante Drehzahldifferenz erscheint daher als aufsteigende Gerade 40, die — je steiler desto früher — die für die Längssperre vorgegebene Schlupfsummenschwelle 41 (SSS_LSpVG) erreicht. Dadurch wird das Steuersignal zum Einrücken der Sperrkupplung am Verteilergetriebe 2 an das Magnetventil 26 gegeben. Es wird dann für eine vorgegebene Zeit (etwa 2 Sekunden) festgehalten bzw. für diese Zeit eine Rückschaltung verhindert. Das ist in der darunterliegenden Kurve (Ansteuerung Längssperre) mit dem Rechtecksignal 42 angedeutet.

In Modul 24 (Bildmitte) für die HA-Quersperre wird aus den Raddrehzahlensignalen der Sensoren 11 (Fig. 1) ein Schlupf, genauer: aus der Differenz der Drehzahlen der Hinterräder 6 eine Drehzahldifferenz, berechnet. Aus dieser Drehzahldifferenz wird wieder durch Aufsummieren eine Schlupfsumme gebildet, die bei konstantem Schlupf eine aufsteigende Gerade 43 ist. Hier sind für die Schlupfsummen aber zwei Schwellen vorhanden, eine erste Schwelle 44 (SSS_LSpVG by QSpHA) und eine zweite 45 (SSS_QSpHA by QSpHA oder kurz SSS_QSpHA). Es fällt auf, daß hier im Modul Quersperre Hinterachse unterhalb der Schwelle 45 für die Betätigung der Quersperrenkupplung 5 eine Schwelle 44 für die Betätigung einer modulfremden Kupplung 2 der Längssperre ist. Diese wird zum Zeitpunkt t_1 erreicht, die Längssperre wird angesteuert und für eine bestimmte Zeit gehalten (Rechtecksignal 46), was in diesem Fall zumindest bedeutet, daß ein Wiederausrücken dieser Sperre für diese bestimmte Zeit nicht möglich ist. Wenn der Schlupf an den Hinterrädern dadurch nicht vermindert wird, steigt die Schlupfsumme weiter, bis zur Zeit t_2 die Schwelle 45 erreicht ist. Nun wird erst die HA-Quersperre angesteuert (Rechtecksignal 47). Oft wird der Schlupf aber bereits durch die Längssperre so weit vermindert, daß es gar nicht mehr zur Ansteuerung der Quersperre kommt. Dann wurde also die Längssperre nicht von ihrem eigenen, sondern vom Quersperrenmodul eingerückt.

Der Modul 25 (VA-Quersperre), in Fig. 3 ganz rechts, kann von der Drehzahldifferenz der Vorderräder 4 ausgehen. Daraus wird wieder eine Schlupfsumme ermittelt und ihre Gerade 48 schneidet drei Schlupfsummenswellen: Zuerst die Schwelle 49, bei deren Erreichen die Längssperre zugeschaltet wird (SSS_LSp by QSpVA), dann die Schwelle 50 (hier ist sie gleich der vorhergehenden) (SSS_QSpHA by QSpVA), bei deren Erreichen die HA-Quersperre zugeschaltet wird und erst zuletzt die eigene Schwelle 51, bei der auch die VA-Quersperre zugeschaltet wird (SSS_QSpVA). Die entsprechenden Ansteuerungen sind wieder darunter durch die Rechtecksignale 52, 53, 55 angedeutet. Die Signale 52, 53 werden wieder für eine bestimmte Zeit gehalten. Zusätzlich ist noch eine Totzeit 54 vorgesehen, damit die Betätigung der VA-Quersperre erst nach einiger Zeit erfolgt, um die Lenkbarkeit des Fahrzeuges möglichst lange zu erhalten, was auch durch eine noch höher liegende Schwelle zu erreichen wäre.

Alle Schlupfsummenswellen, sie werden im folgenden zusammenfassend SSS_* genannt (die Schwellen für modulfremde Kupplungen SSS_* by_*), können Konstanten, aber auch etwa von einer Drehzahl abhängige Variable sein, sie können auch je nach gewähltem Gang oder für Zug (Motor treibt) und Schub (Motor brems) verschieden gewählt sein.

Im Zeitschaubild der Fig. 4 für ein 6×6 Fahrzeug kommen noch hinzu: Modul 22 für die Sperre des Zwischenachsdifferentials 7 (Fig. 2) und Modul 24 für die Sperre des zweiten HA-Querdifferentials 8 (Fig. 2). Der Ablauf ist hier analog und entsprechend der Tatsache, daß die Zwischenachssperre die hierarchisch höchste ist. Im Vorgriff auf Fig. 5 sind hier noch die Bezeichnungen der Flags eingetragen, die gemäß Programm zur Aktivierung der Sperren führen.

Fig. 5 zeigt exemplarisch den repetitiven Programmablauf im Berechnungsteil 24' des Moduls 24 der Kupp-

lung 5 der HA-Quersperre, beginnend mit dem START-Feld 100. In den Formeln ist die Wertzuweisung einer Variablen mit "<->" bezeichnet und es werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

5	N_DIFF_QSpHA	Drehzahldifferenz der beiden Hinterräder 6
	N_HAr	Drehzahl des rechten Hinterrades
	N_HAl	Drehzahl des linken Hinterrades
	N_HA	Mittlere Drehzahl der Hinterräder
10	SL_Lenk	Durch Lenkeinschlag verursachter Schlupf (Schlupf ist die mit einer Drehzahl dimensionslos gemachte Drehzahldifferenz), wird der Funktionstabelle f1 entnommen
	DN_Lenk	Durch Lenkeinschlag verursachte Drehzahldifferenz
	DN_SL	Dynamische Drehzahldifferenz
	DN_SL_MIN	untere Schwelle der dynamischen Drehzahldifferenz, unter der Drehzahldifferenzen unberücksichtigt bleiben
15	SL_MIN	untere Schwelle des dynamischen Schlupfes, unter der Drehzahldifferenzen unberücksichtigt bleiben
	S_GR	reifenspezifischer Grenzschlupf, abhängig vom übertragenen Drehmoment, wird einer Funktionstabelle f2 entnommen
20	DN_GR	zugehöriger Grenzwert der Differenzdrehzahl
	Flag_vor	Merker, der gesetzt wird, wenn der Schlupf voreilend ist (Zugschlupf)
	Flag_nach	Merker, der gesetzt wird, wenn der Schlupf nacheilend ist (Schubschlupf)

25 Im Feld 101 werden alle diese Größen eingesetzt und die Flags für Zug- oder Schubschlupf definiert. In den Feldern 102, 105 wird entschieden, ob Zug- oder Schubschlupf auftritt oder ob die Drehzahldifferenz unter der Schwelle DN_SL_MIN liegt. Im ersten Fall wird in Feld 103 eine Zugschlupfsumme phi_vor aufsummiert und in Feld 107 eine Schubschlupfsumme phi_nach gleich Null gesetzt; im zweiten Fall wird in Feld 106 die Schubschlupfsumme phi_nach aufsummiert und in Feld 104 die Zugschlupfsumme phi_vor gleich Null gesetzt; und im dritten Fall werden in den Feldern 104, 107 beide Schlupfsummen gleich Null gesetzt, wodurch, wie weiter unten zu sehen, das gesamte Programm ohne Wirkung nach außen durchlaufen wird.

30 In Feld 108 wird abgefragt, ob der Merker Flag_QSpHA_locked noch vom vorherigen Durchlauf gesetzt ist. In Feld 109 wird die Differenzdrehzahl aufsummiert und dann in Feld 110 kontrolliert, ob der Drehwinkel erreicht ist, bei dem man sicher sein kann, daß entweder die Sperre offen oder die Achse gebrochen ist. Wenn Ja (Y), ist die Sperre offen und es wird in Feld 111 die Summe Null gesetzt, so daß beim nächsten Durchgang mit der Aufsummierung neu begonnen wird. Wird in Feld 108 festgestellt, daß die Sperre bereits offen ist (N), werden die Felder 109, 110, 111 entlang 112 umgangen.

40 Wenn die Sperre gemäß Feld 108 oder Feld 111 offen ist, werden in den Feldern 113 bis 117 die Schlupfsummen phi_vor und phi_nach auf Null gesetzt und eine Vorzeichenbegrenzung vorgenommen, weil die Schlupf-schwellen vorzeichenabhängig festgelegt sein können und weil sichergestellt sein muß, daß die Schlupfsummenkurven 43 (Fig. 3) nicht ihren Quadranten wechseln, anders gesagt, daß phi_vor >= 0 und phi_nach <= 0 ist (Felder 114, 117). Das runde Feld 119 dient nur der Orientierung.

In Feld 120 werden die folgenden Schlupfsummenschwellen den Funktionstafeln f3 und f4 entnommen (sie hängen hier von der Hinterachsdrehzahl ab):

45	SSS_LSpVG_by_QSp-HA	Schlupfsummenschwelle im HA-Quersperrenmodul zur Betätigung der Längssperre
50	SSS_QSpHA_by_QSp-HA	Schlupfsummenschwelle im HA-Quersperrenmodul zur Betätigung der HA-Quersperre (kurz auch SSS_QSpHA genannt)

In Feld 121 wird der Merker für die Auslösung der Quersperre und in Feld 122 die Merker für die Auslösung der Längssperre gesetzt, wenn die Schlupfsumme phi_vor oder phi_nach die entsprechende Schlupfsummenschwelle überschreitet.

55	Flag_QSpHA	Merker für die Auslösung der HA-Quersperre
	Flag_LSpVG_by_QSp-HA	Merker für die Auslösung der Längssperre durch das Modul der HA-Quersperre.

60 Feld 123 dient wieder der Orientierung. In Feld 124 werden die Merker, auch die von anderen Modulen stammenden, auf gelesen und die Drehzahldifferenzen aus Feld 101 einer Sicherheitskontrolle unterzogen (die Drehzahldifferenz darf beim Schalten einer Klauenkupplung nicht zu groß sein). Wenn diese bestanden ist (Y), wird der Timer in Feld 125 durchlaufen, der die Haltefunktion ausübt. Nach weiteren Kontrollen in den Feldern 127, 128 entscheidet der Timer 130 ob in Feld 131 das Ansteuersignal zu geben ist (Y) oder (Feld 132) nicht (N). Von dort wird wieder zum Startfeld 100 zurückgekehrt.

65 In Fig. 6 ist der exemplarische Programmteil der Fig. 5 zu den analogen Programmteilen der Moduln 21 (Längssperre) und 25 (VA-Quersperre) in Beziehung gesetzt. Im Modul 21 wird in Feld 150 der Merker zur

Betätigung der Längssperre (Flag_LSpVG) gesetzt und in Modul 25 können drei Merker gesetzt werden: Flag_QSpVA in Feld 152, Flag_QSpHA_by_QSpVA in Feld 153 und Flag_LSpVG_by_QSpVA in Feld 154. Alle diese Merker sind von allen drei Moduln aus zugänglich, sie werden im Modul 21 in Feld 151, in Modul 24 in Feld 124 und in Modul 25 in Feld 155 abgefragt.

Die so erzeugten Signale gehen nun noch in die Prüfungssteile 21'', 24'', 25'' und von diesen dann zu den Magnetventilen 26, 28, 29. 5

Es können noch weitere Auslösekriterien vorgesehen sein, was durch die Felder 140, 141, 142 angedeutet ist. So kann etwa durch Feld 140 bewirkt werden, daß die Kupplung (2) für die Längssperre bzw. die Zuschaltung des Vorderachsantriebes und ggf. auch die Kupplung (7) der Zwischenachssperre beim Bremsen geschlossen wird. Weiters kann durch Feld 141 verhindert werden daß eine geschlossene Kupplung (2, 3, 5; 2, 3, 5, 7, 8) während des Gangschaltens im Hauptgetriebe (1) öffnet. Schließlich kann Feld 142 dafür sorgen, daß bei Ausfall eines der Drehzahlsensoren (11) oder eines Lenkwinkelsensors (10) die Kupplung (2) für die Längssperre bzw. Zuschaltung des Vorderachsantriebes und ggf. auch die Kupplung (7) der Zwischenachssperre geschlossen wird. 10

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur selbsttätigen Steuerung der Kupplungen (2, 3, 5) zur Betätigung wenigstens einer Achsquersperre sowie einer Längssperre oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs im Antriebsstrang eines allradgetriebenen Geländefahrzeuges, wobei ausgehend von Raddrehzahlensignalen Schlupfsignale gebildet, mit Schwellenwerten verglichen und so Steuersignale für die Kupplungen (2, 3, 5) erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß 20
 - a) für jede einzelne Kupplung (2, 3, 5, 8) jeweils ein eigenes Steuermodul (21, 23, 24, 25) vorgesehen ist, das Steuersignale für die eigene Kupplung (2, 3, 5, 8) erzeugt,
 - b) die Steuermoduln (23, 24, 25) der Kupplung (3, 5; 8) der wenigstens einen Achsquersperre auch Steuersignale für die Kupplung (2) für die Betätigung der Längssperre oder für die Zuschaltung des Vorderradantriebs abgibt, bevor sie die eigene Kupplung (3, 5; 3, 5, 8) ansteuert, 25
 - c) die Schlupfsignale Schlupfsummensignale (ϕ_{nach} , ϕ_{vor}) sind, die getrennt durch Integration der der wenigstens einen Achssperre, der Längssperre oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs zugeordneten Raddrehzahldifferenzen (DN_{SL}) gebildet und mit gestuften Schlupfsummenswellenwerten ($SSS_{* by *}$) verglichen werden, durch die die Reihenfolge und die Reaktionszeit der Sperrung der Sperren oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs gesteuert wird. 30
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit permanenten Hinterachsantrieb und zuschaltbarem Vorderachsantrieb, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (2) für die Zuschaltung des Vorderachsantriebes durch ihren eigenen Modul (21) und durch einen Hinterachsquersperrenmodul (24; 23, 24) schließbar ist und daß der Hinterachsquersperrenmodul (24; 23, 24) die Kupplung (2) für die Zuschaltung des Vorderradantriebs für eine bestimmte Zeit eingerückt hält. 35
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (2) für die Zuschaltung des Vorderachsantriebes durch einen Vorderachsquersperrenmodul (25) schließbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (3) der Vorderachsquersperre nur durch ihren eigenen Modul (25) schließbar ist. 40
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 mit permanentem Antrieb von Hinterachse und Vorderachse und zuschaltbarer Längssperre, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (2) für die Längssperre durch ihren eigenen Modul (21), durch einen Hinterachsquersperrenmodul (24; 23, 24) und durch einen Vorderachsquersperrenmodul (25) schließbar ist und daß der Hinterachsquersperrenmodul (24; 23, 4) und der Vorderachsquersperrenmodul (25) die Kupplung für die Längssperre (2) für eine bestimmte Zeit eingerückt hält. 45
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (5; 5, 8) der Hinterachsquersperre durch ihren eigenen Modul (24; 23, 24) und durch den Modul der Vorderachsquersperre (25) schließbar ist und daß der Modul der Vorderachsquersperre (25) die Kupplung (5; 5, 8) der Hinterachsquersperre für eine bestimmte Zeit eingerückt hält.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 5 oder 6 mit zwei angetriebenen sperrbaren Hinterachsen und einer dazwischen angeordneten Zwischenachssperre, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (7) der Zwischenachssperre durch ihren eigenen Modul (22), durch den Modul (21) der Längssperre oder der Zuschaltung des Vorderradantriebs und durch die Moduln (23, 24, 25) für die Quersperren der Vorderachse und der beiden Hinterachsen schließbar ist und daß der Modul (21) des Längsdifferentiales, der Module (23, 24) der Hinterachsquersperren und der Modul (25) der Vorderachsquersperre die Kupplung (7) für die Zwischenachssperre für eine bestimmte Zeit eingerückt halten. 50
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungen (5, 8) beider Hinterachsquersperren einem gemeinsamen Modul zugeordnet sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ab einer bestimmten Geschwindigkeit die Kupplungen (3, 5; 3, 5, 8) der Achsquersperren selbst nicht schließbar sind, ihre Moduln (24, 25; 23, 24, 25) aber eine vorrangig zu betätigende Kupplung (2, 5; 2, 5, 7, 8) schließen können. 60
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlupfsummenswellen (SSS_{*}) so gelegt sind, daß einzelne Kupplungen nicht gleichzeitig geschaltet werden können.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß Schalt-Aktuatoren (13, 14, 15; 13, 14, 15, 16, 17) der Kupplungen als redundante Absicherung in Serie verknüpft sind. 65
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (2) für die Längssperre oder für die Zuschaltung des Vorderachsantriebes und die Kupplung (7) der Zwischen-

achssperre beim Bremsen geschlossen wird.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Drehzahlen (N_{HAr} , N_{HA1} , N_{VAr} , N_{VA1}) der einzelnen Räder den Schaltzustand einzelner Kupplungen (2, 3, 5; 2, 3, 5, 7, 8) angegebende Rückmelddesignale gebildet werden und diese in der Steuereinheit (18) entweder

5 direkt oder zur Kontrolle der Signale von Statussensoren (12) für die Schaltstellung der Aktuatoren (13, 14, 15; 13, 14, 15, 16, 17) benutzt werden.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergesehenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausfall eines Drehzahlsensors (11) oder eines Lenkwinkelsensors (10), die zur Ermittlung der Schlupfsummen verwendet werden, die Kupplung (2) für die Längssperre oder für die Zuschaltung des Vorderachsantriebes und die

10 Kupplung (7) der Zwischenachssperre geschlossen wird.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Rad-drehzahldifferenzen (DN_{SL}) mit Schwellenwerten (DN_{SL_MIN}) verglichen werden, unterhalb derer diese bei der Berechnung der Schlupfsummen (ϕ_{vor} , ϕ_{nach}) nicht berücksichtigt werden, sondern zur Eichung von Signalen eines Lenkwinkelsensors (10) verwendet werden.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungen (2, 3, 5; 2, 3, 5, 7, 8) formschlüssige Kupplungen sind, die von einfachwirkenden Schalt-Aktuatoren (13, 14, 15; 13, 14, 15, 16, 17) eingerückt und bei Abfall des übertragenden Drehmomenttes unter einen bestimmten Wert durch Federkraft ausgerückt werden.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine geschlossene Kupplung (2, 3, 5; 2, 3, 5, 7, 8) während eines Schaltvorgangs im Hauptgetriebe (1) im geschlossenen Zustand gehalten wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

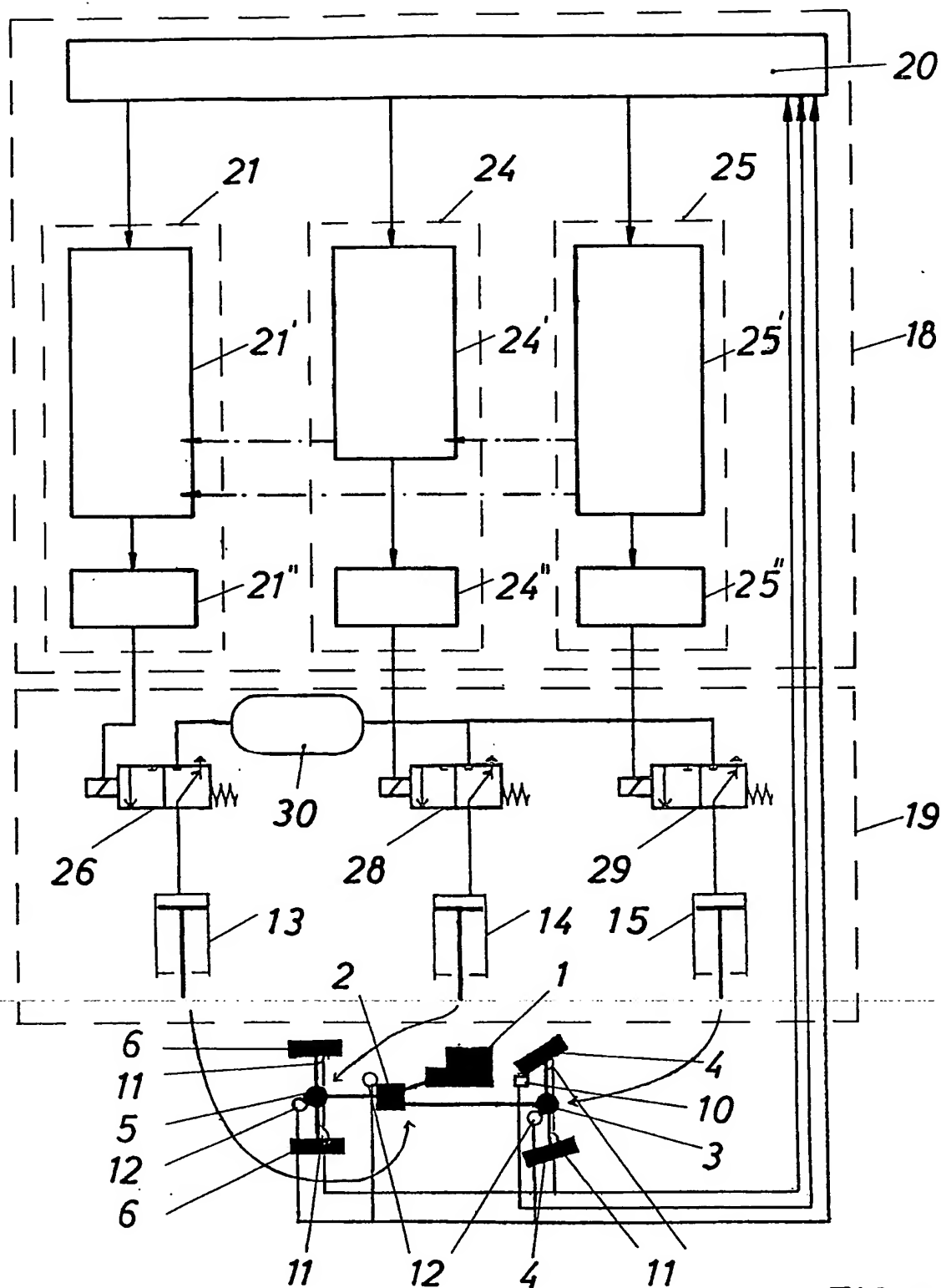


FIG. 1

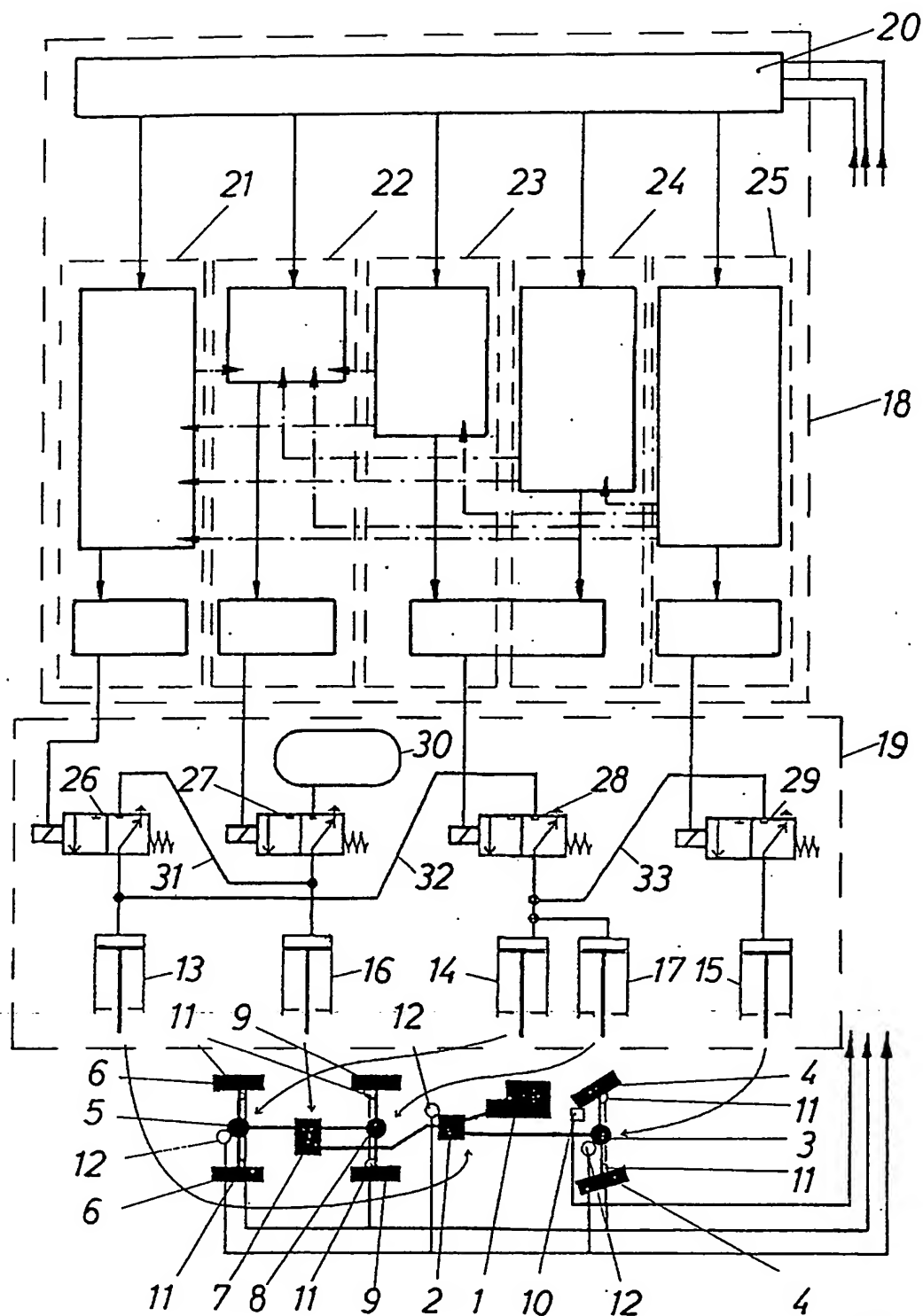


FIG. 2

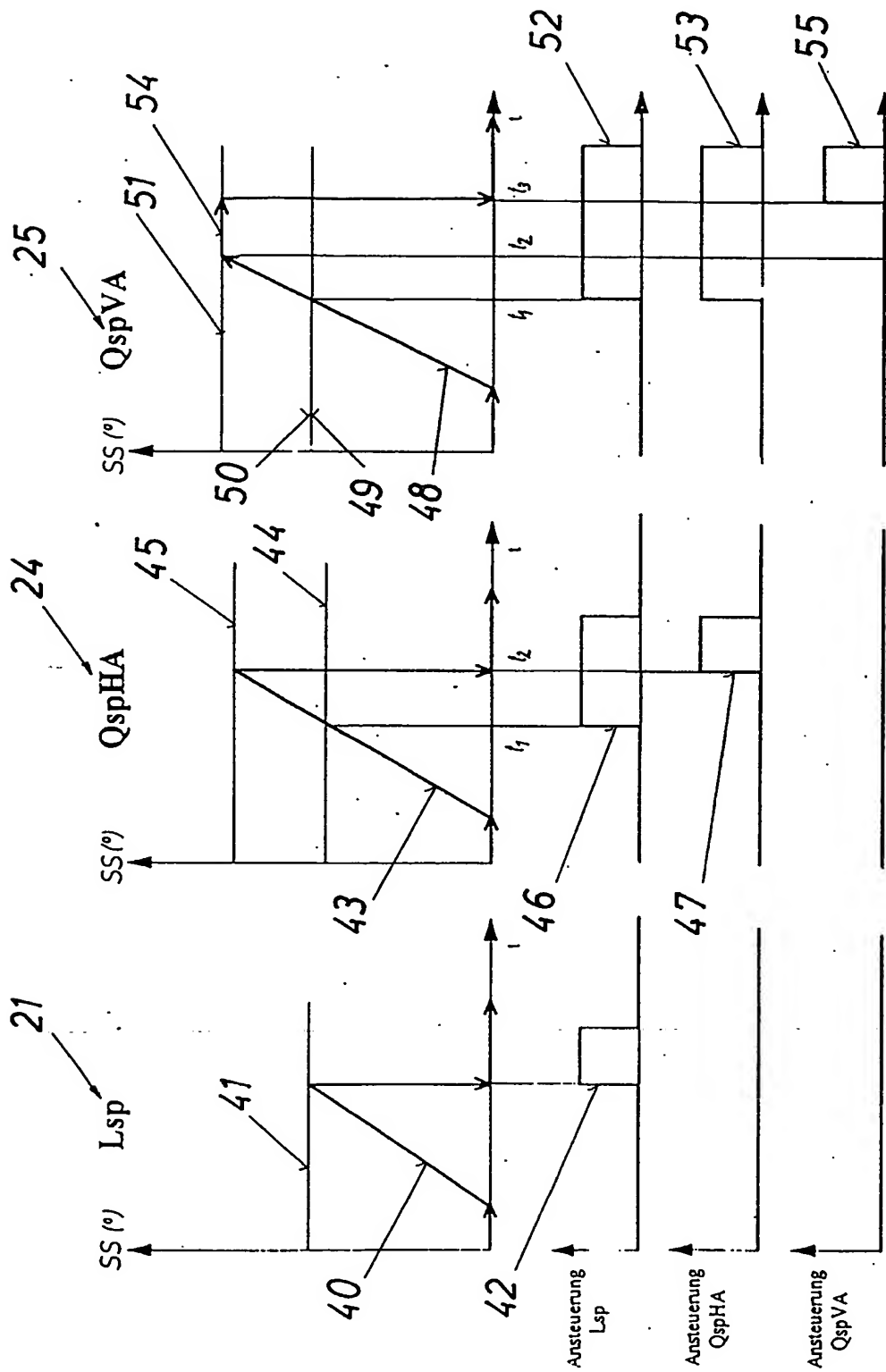


FIG. 3

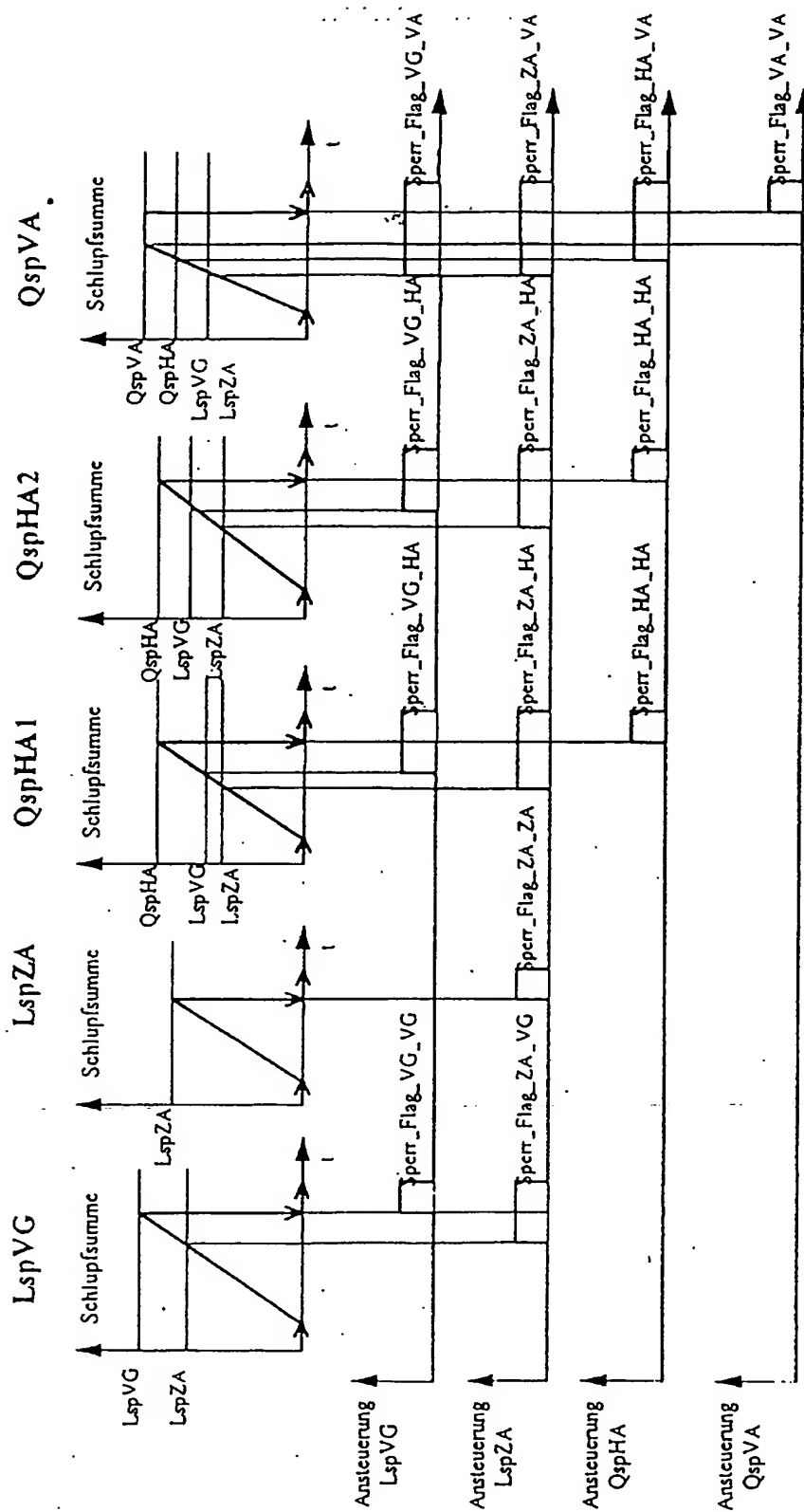


FIG. 4

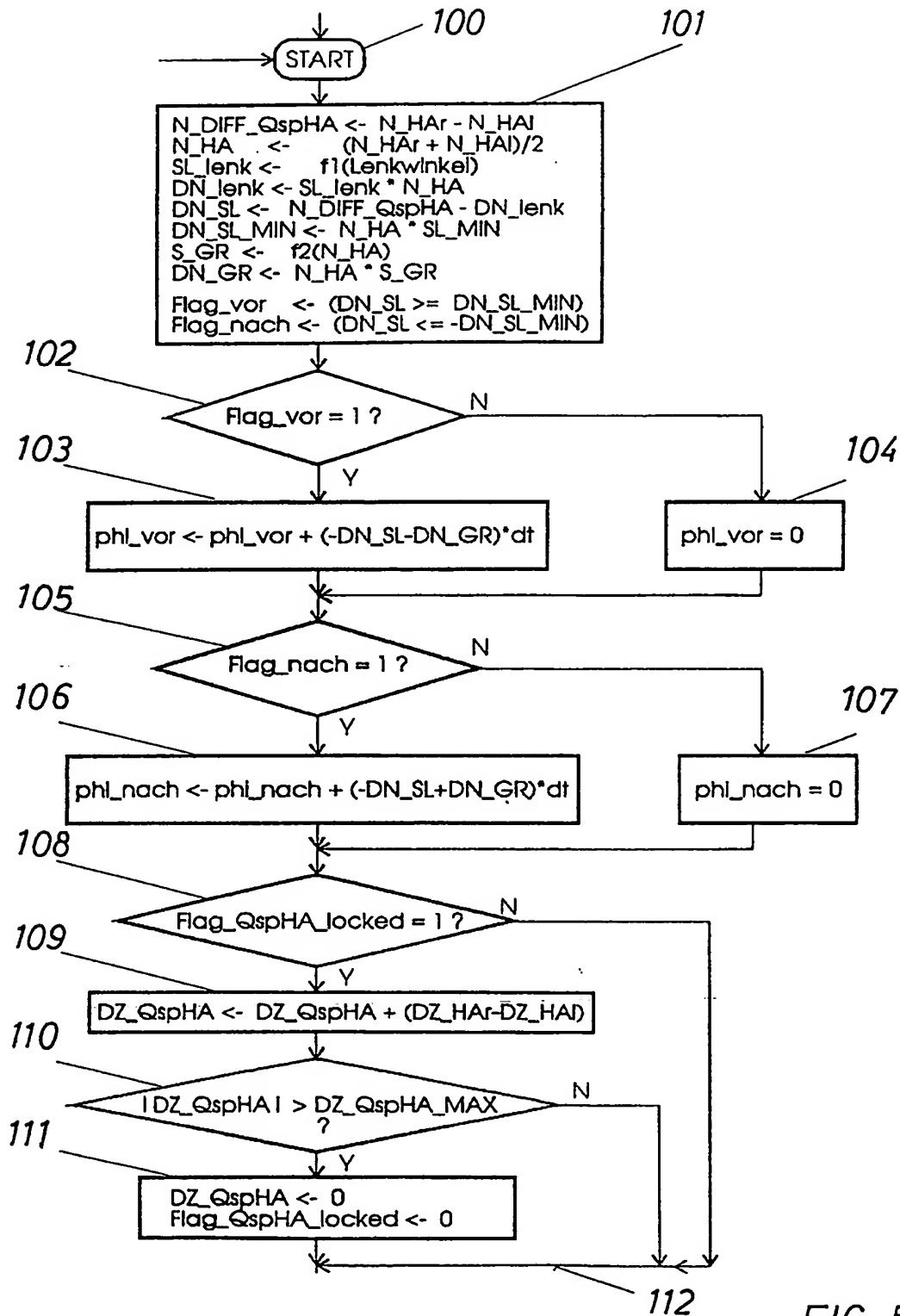


FIG. 5a

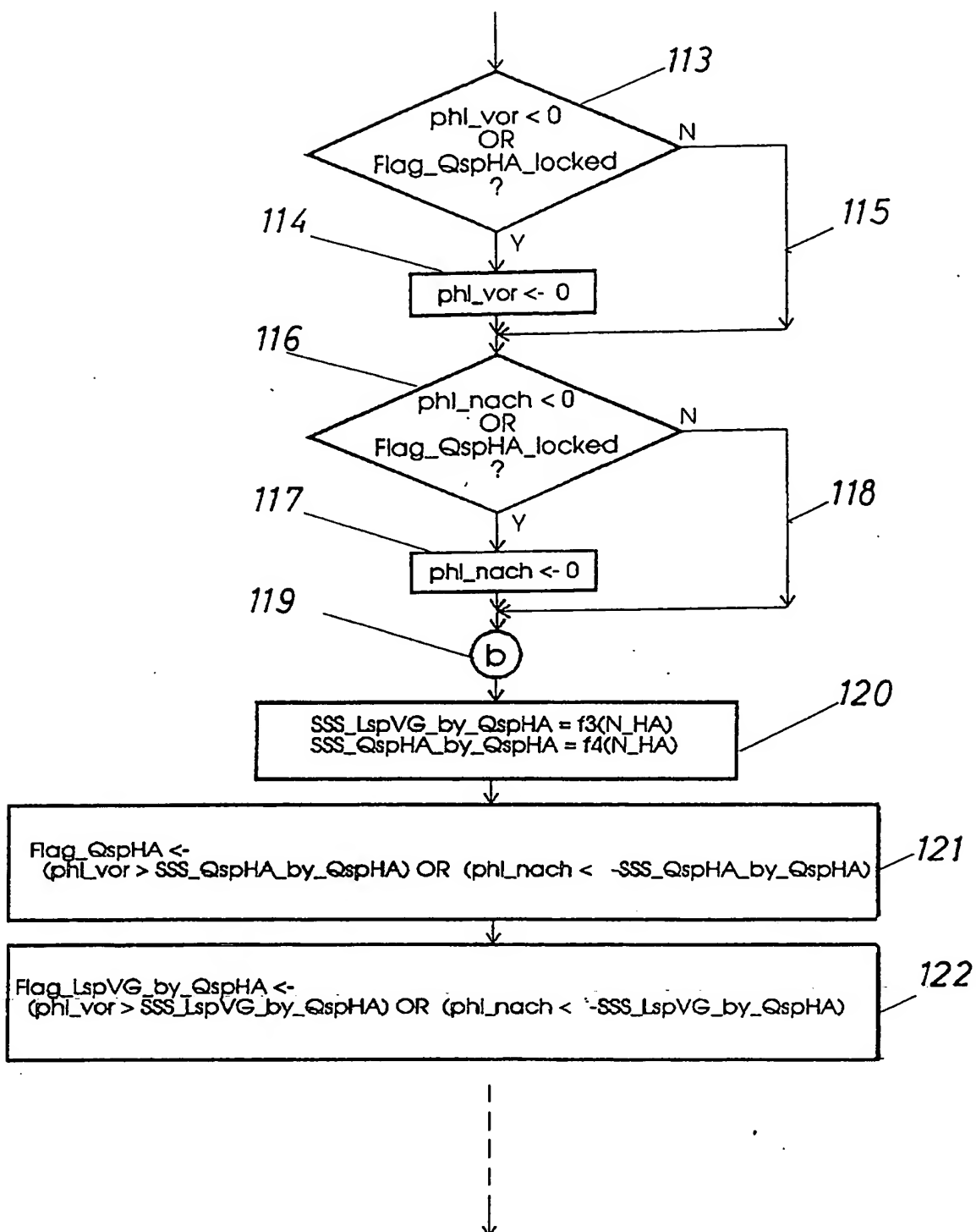


FIG. 5b

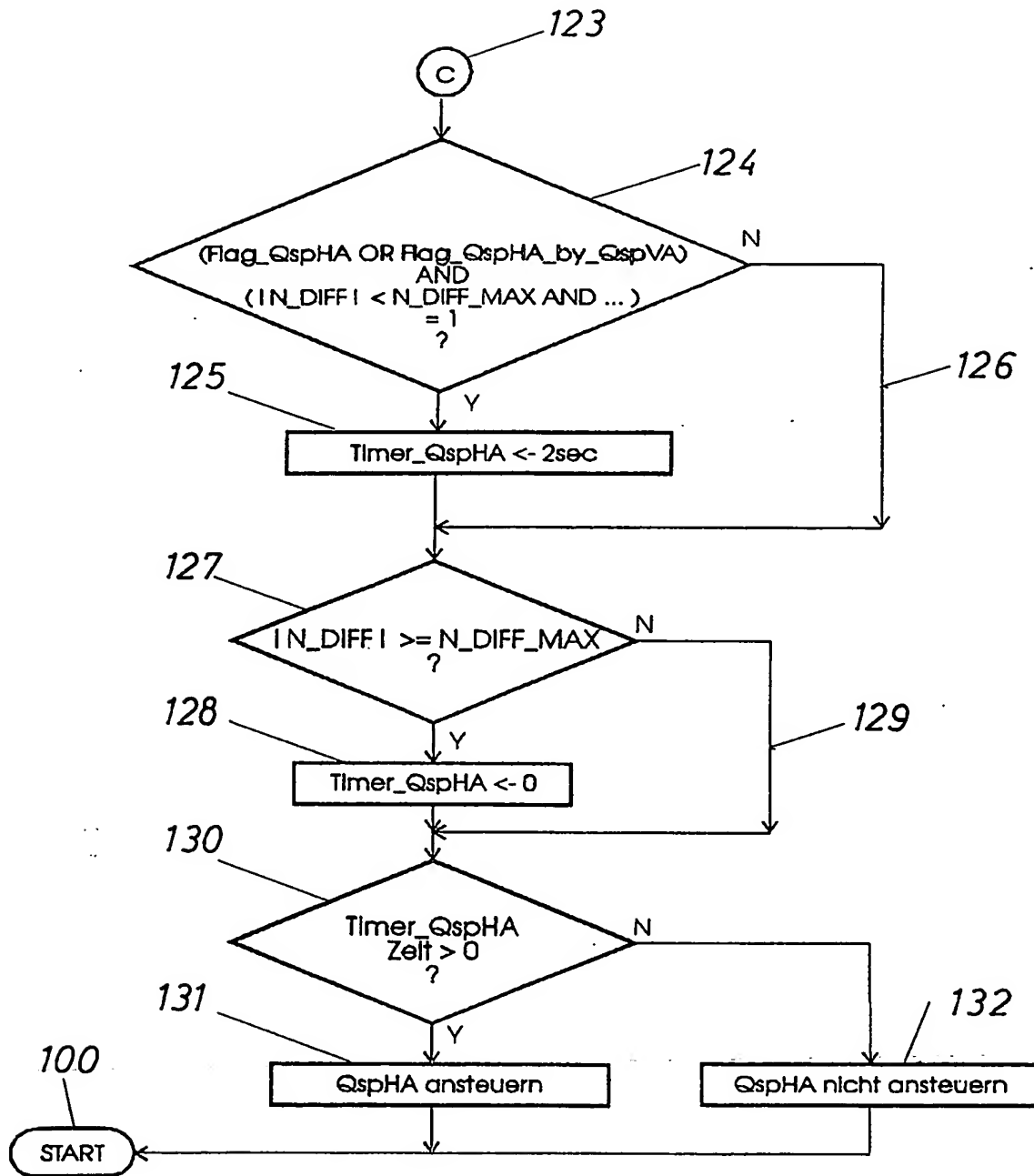


FIG. 5c

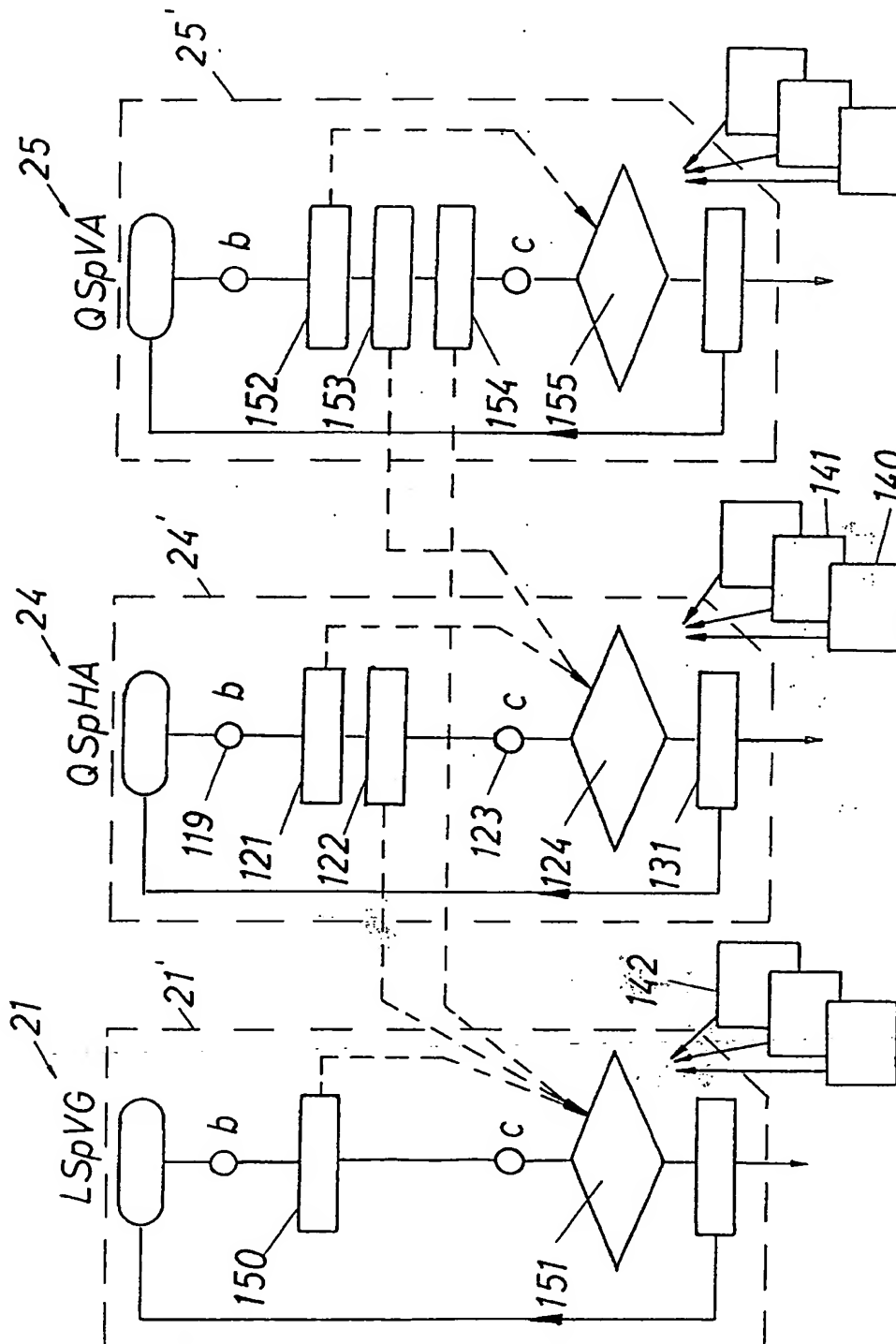


FIG. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: small text

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.